

## **Розробка інтегральних приймально-передавальних модулів міліметрового діапазону для систем широкосмугового безпроводового доступу**

## **Разработка интегральных приемопередающих модулей миллиметрового диапазона для систем широкополосного беспроводного доступа**

## **Development of integrated Receiver & Transmitter module in millimeter-wave band for wide band wireless access system**

**1. Номер державної реєстрації теми - 0109U001791.**

**2. Науковий керівник -** к.т.н., проф. Правда В.І., Правда В.И., Pravda Vladimir I.

**3. Суть розробки, основні результати.**

**(укр.)**

Розроблені науково-технічні і конструкторсько-технологічні основи створення прийомопередавальних модулів (трансіверів) міліметрового діапазону довжин хвиль, що призначені до використання у складі абонентських станцій систем широкосмугового доступу до комп'ютерних інформаційних мереж.

У роботі розглянуті всі основні проблеми, що виникають при реалізації трансіверів міліметрового діапазону довжин хвиль на єдиній підкладинці: проблема розробки і реалізації смугових фільтрів міліметрового діапазону, виконаних на полімерних металізованих підкладках, проблема створення низькошумлячих генераторів міліметрового діапазону для перетворювачів частоти у трактах передачі і прийому, проблема розв'язки сигналів передавача і приймача, що працюють на єдину антену при різниці потужностей у трактах, що перевищує 110 дБ, проблему боротьби із виключно високим динамічним діапазоном вхідних сигналів трансівера, зумовленим характерним для міліметрового діапазону підвищеним загасання електромагнітних хвиль при їх розповсюдженні в умовах дощів. По кожному з зазначених питань запропоновані оригінальні рішення, що дають змогу подолати більшість труднощів на шляху створення трансівера міліметрового діапазону. Чотири з них запатентовані.

Успішне подолання зазначених проблем підтверджується розробкою зразка гібридно-інтегрального трансівера міліметрового діапазону (частота близько 26 ГГц), для вимірювання параметрів якого був розроблений спеціальний стенд. Отримані експериментальні результати (коефіцієнт шуму приймача менше 4,5 дБ, вихідна потужність передавача 30 мВт, поляризаційна розв'язка каналів передачі/прийому більше 30 дБ) поряд з експлуатаційними і конструкторськими характеристиками (споживана потужність менше 6 Вт, напруга живлення 12 В, габаритні розміри 40x100x100 мм, вага не більше 650 г) дозволяють зробити висновок, щодо успішного виконання поставленого в даній НДР головного завдання: створення зразка якісного, дешевого, серійно здатного трансівера міліметрового діапазону у гібридно-інтегральному виконанні.

**(рос.)**

Разработаны новые конструкции планарных полосовых фильтров миллиметрового диапазона, пригодные к исполнению на дешевых полимерных металлизированных подложках, предназначенные для интеграции в единую гибридно-интегральную схему приемопередающего модуля (трансивера). Разработаны новые схемотехнические решения низкочастотных генераторов миллиметрового диапазона для преобразователей частоты в трактах передачи и приема трансиверов миллиметрового диапазона систем широкополосного беспроводного доступа. Разработаны и реализованы новые структуры устройств поляризационной селекции миллиметрового диапазона в планарном исполнении, которые обеспечивают развязку сигналов передатчика и приемника, работающих на единую антенну, при разности мощностей в трактах не меньше 110 дБ. Создан экспериментальный образец гибридно-интегрального трансивера миллиметрового диапазона на частоту 26 ГГц со следующими характеристиками: коэффициент шума приемника меньше 4,5 дБ; выходная

мощность передатчика - 30 мВт; поляризационная развязка каналов передачи/приема больше 30 дБ; потребляемая мощность меньше 6 Вт, напряжение питания 12В. Разработанный приемопередающий модуль имеет габаритные размеры 40x100x100мм, вес - не больше 650г.

(англ.)

The new constructions of millimeter wave band pass and band stop filters were designed. Filters are builded on the cheap plastic metalized substrates and are suitable for integration into the all-planar millimeter wave transceivers. The new constructions of hybrid integrated low-noise millimeter wave oscillators for frequency up- and down converters were designed. Oscillators can be used in the wireless broadband access system. The new constructions of all-planar orthomode transducers were designed and investigated both theoretically and experimentally. These parts enables transmitter and receiver to operate simultaneously into the common antenna with the difference of their working power levels, that exceeds 110 dB.

The experimental model of all hybrid integrated 26 GHz transceiver was designed and produced. It has 4,5 dB max receiver noise figure, 30 mW transmitter output power level and cross-polar isolation 30 dB min. Transceiver has power consumption less than 6 W (12 V DC), dimensions 40x100x100 mm and weight less than 650 g.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Патент на корисну модель №48389. . Малошумний транзисторний генератор з виходом на третій гармоніці / Коцержинський Б.О., Омеляненко М.Ю., Цвелих І.С. – опубл. 10 березня 2010 р. Бюл. №5;
- Патент на корисну модель №48388. Фазовий маніпулятор з диференційним фазовим зсувом 180°./ Ежов О.В., Омеляненко М.Ю – опубл. 10 березня 2010 р. Бюл. №5;
- Патент на корисну модель ??????. Транзисторний перетворювач частоти міліметрового діапазону довжин хвиль / Ежов О.В., Омеляненко М.Ю – опубл. ?? листопада 2010 р. Бюл. №????;
- Патент на корисну модель №?????. . Малошумний транзисторний генератор з виходом на третій гармоніці / Коцержинський Б.О., Омеляненко М.Ю., Цвелих І.С. – опубл. 01 листопада 2010 р. Бюл. №????;

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Рівень розробки відповідає світовим стандартам в напрямку створення сучасного телекомунікаційного обладнання у міліметровому діапазоні довжин хвиль, як по електричних характеристиках, так і по конкурентноспроможності в умовах ринку інформаційних технологій.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

Розробка нової високотехнологічної апаратури дасть можливість

- удосконалення існуючих і розробки нових високотехнологічних радіозасобів у міліметровому діапазоні довжин хвиль,
- для створення сучасних телекомунікаційних систем, систем багатостанційного доступу для обміну даними з високою швидкістю
- широкому розповсюдженню та здешевленню засобів «INTERNET»
- створення спеціальних завадостійких цифрових систем зв'язку
- ефективного використання частотного ресурсу, особливо в діапазоні 20- 40 ГГц.

**Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).**

Результати розробки можуть бути використані на підприємствах Держкомзв'язку для створення нових радіотехнологій в міліметровому діапазоні довжин хвиль, а саме абонентських станцій систем передачі даних, систем доступу до комп'ютерних інформаційних мереж, систем спеціального зв'язку, тощо. Використання результатів роботи і подальше вдосконалення розробленого обладнання є цікавим і корисним для операторів телекомунікацій не тільки в Україні, а й за її межами.

## 7. Стан готовності розробки.

Розроблені та виготовлені макети обладнання, відпрацьовані відповідні технології і розроблені технологічні рекомендації щодо ефективного застосування експериментального обладнання. Можлива розробка дослідно-промислових зразків прийомопередавальних модулів, які повністю адаптовані до існуючих технологій і можуть бути впроваджені у промислове виробництво.

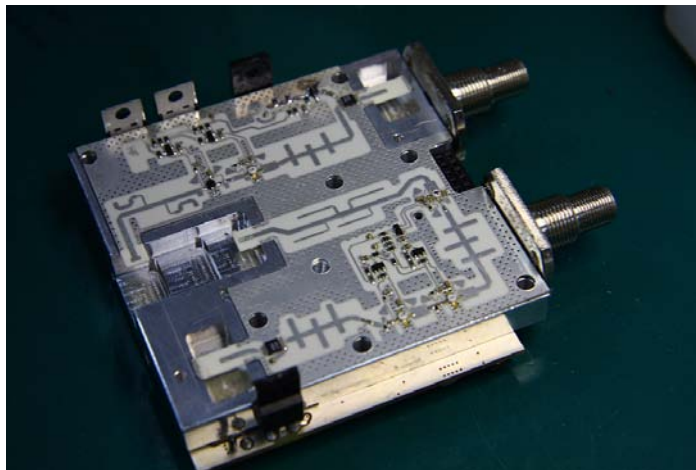
## 8. Існуючі результати впровадження.

Основні результати теоретико-експериментальних досліджень впроваджено в навчальний процес у спецкурсах: „Конструкції пристроїв НВЧ” – новий розділ „Генераторно-підсилювальні модулі НВЧ”; „Пристрої мікрохвильового та оптичного діапазону” – новий розділ „Приймально-передавальні модулі цифрових каналів зв’язку”; „Радіоелектронні системи” – нові розділи „Радіоблабнання систем широкосмугового безпроводового доступу”, „Обробка цифрової інформації” в підручник „Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч.1 Основи теорії електромагнітного поля”

## 9. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ „КПІ”, радіотехнічний факультет, кафедра радіотехнічних пристроїв і систем,  
454-92-97, : [rtus@ntu-kpi.kiev.ua](mailto:rtus@ntu-kpi.kiev.ua)

Макет прийомопередавального модуля міліметрового діапазону довжин хвиль



## 10. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Основи теорії електромагнітного поля.: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. Ч1/В.М Шокало, В.І. Правда, В.А. Усін, В.С. Вунтесмері, Д.В. Грецьких/ Харків, Колегіум. 2009.
2. Iezhov O., Omelianenko M.U. Villimeter-wave integrated circuits baser on novel probe microstrip line and coplanar stripline excitters. International Conference on Antenna Theory and Tehniques, 6-9 October, 2009, Lviv, Ukraine pp. 340-342.
3. Kotserzhynskyi B.O., Omelianenko M.U., Tsvelykh I.S. A low phase noise microstrip push-push oscillator with third harmonic output. International Conference on Antenna Theory and Tehniques, 6-9 October, 2009, Lviv, Ukraine pp. 337-339.
4. Бичков В.Є., Правда В.І., Мрачковський О.Д. Застосування широкосмугових систем для побудови радіолокаційних зображень. Вісник Національного технічного університету України. Київ. Видавництво НТУУ „КПІ”, Випуск 38, 2009р. С.30-36.
5. Ежов О.В., Омеляненко М.Ю. Фазовій маніпулятор з диференційним фазовим зсувом 180°. НТУУ „КПІ”-. ПАТЕНТ №48388 10-03-2010 Бюл. №5.

6. Коцержинський Б.О., Омеляненко М.Ю., Цвелих І.С. Малошумний транзисторний генератор з виходом на третій гармоніці. НТУУ „КПІ” –. ПАТЕНТ №48389 10-03-2010 Бюл.№5.
7. Bychkov V., Pravda V. Sidelobe Cancellation Method at the Exit of Correlation Processing Scheme. Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science TCSET 2010,Lviv-Slavsko. Ukraine.
8. +2 патента листопад 2010